

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-162507

(P2002-162507A)

(43)公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 3/14  
3/06  
3/12  
7/08

識別記号

F I

G 0 2 B 3/14  
3/06  
3/12  
7/08

デーマコト<sup>\*</sup>(参考)

2 H 0 4 4

C

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全12頁)

(21)出願番号

特願2000-359997(P2000-359997)

(22)出願日

平成12年11月27日(2000.11.27)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 大貫 一朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 能登 悟郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74)代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

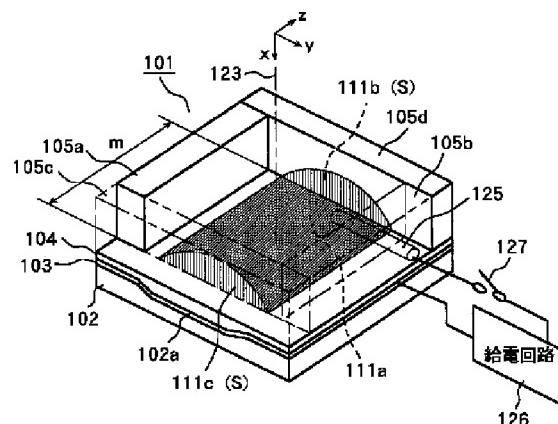
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子、照明装置および撮影装置

(57)【要約】

【課題】 互いに不溶な2種類の液体を用い、エレクトロウェッティング効果で光学特性を変化させることができる光軸非対称の光学系を構成したい。

【解決手段】 導電性を有する第1の液体121と、この第1の液体に対する非混合性を有し、第1の液体と屈折率が異なる第2の液体122と、光軸123に直交する第1の面104および第1の面に交わって互いに対向配置された一対の第2の面105c, 105dを少なくとも有して構成され、第1および第2の液体を収容する容器とを有し、上記第1の面および第2の面に、第1および第2の液体のうち一方の液体に対して吸着性を有する吸着層を形成して、第1の液体と第2の液体との少なくとも第2の面の吸着層に交わる界面122dを形成させ、第1の液体に通電するための第1の電極125と容器側に設けられた第2の電極103との間への印加電圧の変化に応じて上記界面の形状を変化させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性又は有極性を有する第1の液体と、この第1の液体と混合することのない第2の液体と、光軸方向を向いた第1の内面およびこの第1の内面に交わって互いに対向配置された一対の第2の内面を少なくとも有して構成され、前記第1および第2の液体を収容する容器とを有し、前記第1の内面および前記第2の内面に、前記第2の液体に対して吸着性を有する吸着層を形成して、前記第1の液体と前記第2の液体との少なくとも前記第2の内面の吸着層に交わる界面を形成させ、前記第1の液体に通電するための第1の電極と前記容器側に設けられた第2の電極との間への印加電圧の変化に応じて前記界面の形状が変化することを特徴とする光学素子。

【請求項2】 前記第2の内面の吸着層における前記第1の面とは反対側の外縁を略円弧状に形成し、前記界面を略シリンドリカル面としたことを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】 前記第2の電極を、前記容器の内面のうち前記第2の内面以外の面側に設けたことを特徴とする請求項1又は2に記載の光学素子。

【請求項4】 前記第2の電極を、前記容器の内面のうち前記第1の内面側に設け、

前記第1および第2の電極間への印加電圧の変化に応じて、前記一方の液体の前記第1の内面に形成された吸着層上での面積が変化することにより、前記界面の形状が変化することを特徴とする請求項3に記載の光学素子。

【請求項5】 前記第2の電極を、前記容器の内面のうち前記第1および前記第2の内面に交わる第3の内面側に設け、

前記第1および第2の電極間への印加電圧の変化に応じて、前記界面のうち前記第3の内面に形成した吸着層に交わる部分が光軸方向に移動することにより、前記界面の形状が変化することを特徴とする請求項3に記載の光学素子。

【請求項6】 請求項1から5のいずれかに記載の光学素子と、この光学素子を通して照射する照明光を発する光源と、前記第1および第2の電極間への印加電圧を変化させる給電回路とを有し、

この給電回路からの前記第1および第2の電極間への印加電圧を変化させて照明光の照射範囲を変化させることを特徴とする照明装置。

【請求項7】 前記光源が、前記第2の内面の対向配置方向に延びる管状に形成されていることを特徴とする請求項6に記載の照明装置。

【請求項8】 請求項6又は7に記載の照明装置を備えたことを特徴とする撮影装置。

【請求項9】 ズーミングが可能な撮影光学系を有し、

この撮影光学系のズーミングに応じて前記給電回路からの前記第1および第2の電極間への印加電圧を変化させる制御手段を有することを特徴とする請求項8に記載の撮影装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エレクトロウェッティング効果（電気毛管現象）を利用した光学素子およびこの光学素子を用いた照明装置、撮影装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、レンズの入射面形状やレンズ内部の光学特性を変えてレンズの光学パワーを可変とする可変焦点レンズが提案されている。これらの中には、入射面あるいは射出面が円筒状のいわゆるシリンドリカルレンズのような、光学パワーが光軸に対して軸対称でないレンズの光学パワーを可変とする提案もいくつかなされている。

【0003】例えば、特公平3-27081号公報には、シリコーンゴム等の透明弾性体に矩形開口を有する板状部材を押付け、該開口から突出するシリコーンゴムでシリンドリカルレンズを構成した可変焦点レンズが開示されている。このものでは、該板状部材の押付け量でシリンドリカルレンズの光学パワーを可変としている。

【0004】また、特開平10-143906号公報には、一方に光学パワーを変化させる液晶可変焦点レンズを2組用意してこれらを直交配置し、各レンズの液晶の配光を独立に制御することで、2方向の光学パワーを独立に制御可能とした可変焦点レンズが提案されている。

【0005】一方、エレクトロウェッティング効果（電気毛管現象）を用いた可変焦点レンズが、国際特許99/18456号にて開示されている。このものでは、互いに不溶で異なる屈折率を有する第1の液体と第2の液体を容器に封止して球面レンズを構成し、片方の液体に電圧を印加して2液界面の形状を変化させることで、可変焦点レンズを得ている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特公平3-27081号公報にて開示の可変諸運レンズでは、板状部材を駆動するためのアクチュエータが必要で、アクチュエータによる機器の大型化、騒音の発生、駆動力伝達系のバックラッシュによる光学パワーの制御誤差等の欠点が生ずる。

【0007】また、上記特開平10-143906号公報にて提案の可変焦点レンズでは、液晶分子による偏光や分散の発生、透過率が低い等の欠点があり、用途が限定される。

【0008】さらに、上記国際特許99/18456号には、軸対称レンズに関する技術が開示されているのみ

で、非軸対称レンズに関する技術は何ら開示されていない。

【0009】そこで本発明は、互いに不溶な2種類の液体を用いて光軸非対称の光学系を構成し、さらにエレクトロウェッティング効果により上記2種類の液体の界面の形状を変化させて光学特性の変化が得られる光学素子を提供することを目的としている。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の光学素子は、導電性又は有極性を有する第1の液体と、この第1の液体と混合することのない第2の液体と、光軸方向を向いた第1の内面およびこの第1の内面に交わって互いに対向配置された一対の第2の内面を少なくとも有して構成され、第1および第2の液体を収容する容器とを有し、上記第1の内面および第2の内面に第2の液体に対して吸着性を有する吸着層を形成して、第1の液体と第2の液体との少なくとも第2の内面の吸着層に交わる界面を形成させ、第1の液体に通電するための第1の電極と容器側に設けられた第2の電極との間への印加電圧の変化に応じて上記界面の形状が変化するようしている。

【0011】これにより、一対の第2の内面の配置方向（光軸に直交する第1の方向）と、光軸およびこれら第2の内面の配置方向に直交する方向（光軸および第1の方向に直交する第2の方向）とで光学パワーに関わる界面形状が異なる、光軸非対称の光学系を実現することが可能であり、かつその光学パワーをメカニカルな駆動を行わずに可変とした光学素子を得ることが可能となる。

【0012】なお、上記発明において、上記吸着層における第1の内面とは反対側の外縁を略円弧状に形成し、上記界面を略シリンドリカル面とすることにより、光学パワーを可変としたシリンドリカルレンズを得ることが可能である。

【0013】また、上記第2の電極を、容器の内面のうち第2の内面以外の面側に設けることにより、上記第1の方向に比べて第2の方向に大きく光学パワーを変化させることが可能である。

【0014】具体的には、例えば、第2の電極を第1の内面側に設け、第1および第2の電極間への印加電圧の変化に応じて、第1又は第2の液体の第1の内面に形成された吸着層上の面積を変化させることにより上記界面の形状を変化させるようにしたり、第2の電極を第1および第2の内面に交わる第3の内面側に設け、第1および第2の電極間への印加電圧の変化に応じて上記界面のうち第3の内面に形成した吸着層に交わる部分を光軸方向に移動させることにより上記界面の形状を変化させるようにすればよい。

【0015】また、上記光学素子と、この光学素子を通して照射する照明光を発する光源と、第1および第2の電極間への印加電圧を変化させる給電回路とを設けるこ

とにより、給電回路からの第1および第2の電極間への印加電圧の変化に応じて照明光の照射範囲が変化する（特に、第2の方向についての配光角が大きく変化する）照明装置を実現することが可能である。

【0016】また、この照明装置をズーミングが可能な撮影光学系を備えた撮影装置に設け、撮影光学系のズーミングに応じて給電回路からの第1および第2の電極間への印加電圧を変化させる制御手段を設けることにより、撮影光学系のズーミング（画角変化）に応じて照明光の照射範囲が最適に変化する、照明効率の高い撮影装置を実現することが可能である。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）図1から図4には、本発明の第1実施形態である光学素子の構成を示している。まず、図1には、上記光学素子の筐体である容器の構成を示している。なお、ここでは、光学素子の光軸123が上下方向（x軸方向）に延びているものとして説明する。

【0018】この図において、101は上記光学素子全体を示し、102は中央に船底状の凹部102aが形成された透明アクリル製の透明基板である。この凹部102aは、y軸方向にはその深さが徐々に変化し、z軸方向には一様な深さを有している。

【0019】透明基板102の上面には、所定の表面抵抗率を有した薄膜状の抵抗体である透明電極103が形成され、その上面には透明アクリル製の絶縁層104が密着して設けられている。

【0020】この絶縁層104は、透明電極103の中央にレプリカ樹脂を滴下し、ガラス板で押しつけて表面を平滑にした後、UV照射を行い硬化させて形成する。

【0021】絶縁層104の上面には、4つの板状の側面部材105a～105dが接着固定されている。なお、図1においては、後述する撥水膜の構造がわかるよう、側面部材105b、105cは想像線で描き、その背後の絶縁層104の上面が現れるようにしている。

【0022】これら側面部材105a～105dの上面には、透明アクリル製の上カバー106（図3および図4参照）が接着固定され、更にその上面には、中央部に矩形の開口を有した絞り板107（図3および図4参照）が配置される。

【0023】以上の構成において、絶縁層104、側面部材105a～105dおよび上カバー106で囲まれた所定体積の密閉空間、すなわち液室を有した容器が形成される。そして、液室の内壁面には、以下に示す表面処理が施される。

【0024】まず、絶縁層104の上面（x軸方向を向いた第1の内面）の中央の矩形範囲内には、後述する第2の液体を吸着する吸着層が設けられる。具体的には、フッ素化合物等等の撥水処理剤が塗布され、極薄の撥水膜111aが形成される。

【0025】なお、フッ素化合物を用いる代わりに、絶縁層104の表面にプラズマを照射し、絶縁層の表面特性を変えても同様の効果が得られる。

【0026】また、側面部材105d, 105cの内壁面(一对の第2の内面)の下部にも同様の撓水処理剤が塗布され、上側の外縁が略円弧状の撓水膜111b, 111cが形成される。撓水膜111b, 111cの形状は同一(合同)である。そして、これら3つの撓水領域以外の液室内面には、親水性の表面処理が施される。

【0027】更に、側面部材105bの一部には孔が開けられ、ここに棒状電極(第1の電極)125が挿入される。棒状電極125と孔との隙間は接着剤で封止されて液室の密閉性が維持される。

【0028】そして、透明電極103と棒状電極125とには給電回路126が接続され、スイッチ127の操作で両電極間に印加する電圧を変化させる(本実施形態では、スイッチ開で印加電圧が0になり、スイッチ閉で0より大きい所定の電圧範囲での電圧設定が可能となっている)ことができるようになっている。

【0029】また、上記液室には、以下に示す2種類の液体が充填される。まず、絶縁層104上の撓水膜111aの上には、第2の液体122(図3および図4参照)が所定量、滴下される。

【0030】この第2の液体122は無色透明であり、比重1.06、室温での屈折率1.49のシリコーンオイルが用いられる。また、第2の液体は、撓水膜111a, 111b, 111cに対する漏れ性(親和性)が高いため、これら撓水膜に沿う形状で液室内に収まっている。

【0031】また、液室内の残りの空間には、第1の液体121(図3および図4参照)が充填収容される。この第1の液体121は、水とエチルアルコールが所定量で混合され、さらに所定量の食塩が加えられた、比重1.06、室温での屈折率1.38の電解液(導電性又は有極性を有する液体)である。

【0032】すなわち、本実施形態では、第1および第2の液体121, 122としては、比重が互いに等しく、互いに屈折率が異なり、かつ互いに混合しない(不溶の)液体が選定されている。このため、両液体121, 122は、後述する形状の界面を形成し、混ざり合わずにそれぞれが独立して液室内に収まっている。

【0033】次に、第2の液体122の滴下量について説明する。撓水膜111b, 111cの面積をSとし、両撓水膜111b, 111c間の距離をmとしたとき、両撓水膜111b, 111cに挟まれた空間は略円筒の一部を成し、その体積Vsは、 $V_s = S \times m$ となる。

【0034】そこで、本実施形態では、絶縁層104の上面に滴下される第2の液体122の体積をVsとする。これにより、前述したように第2の液体122は撓水膜111a, 111b, 111cに沿う一方、第1の

液体121は液室内の残りの空間を埋めるので、両液体121, 122間には、後述するようにシリンドリカル面状の界面が形成される。

【0035】図2に、上記第2の液体122の形状を詳しく示している。第2の液体122は、4つの界面で囲まれる。界面122aは、絶縁層104の上面に形成された撓水膜111aに接する面である。また、界面122bは、側面部材105dの表面に形成された撓水膜111bに接し、同様に、界面122cは、側面部材105cの表面に形成された撓水膜111cに接する面である。さらに、界面122dは上記3つの界面に交わり(すなわち、撓水膜111b, 111cに交わり)、かつ第1の液体121と接する面である。

【0036】界面122dの面形状は、第2の液体122に作用する重力と、界面122dに働く界面張力の釣り合いで決まる。本実施形態では、第1の液体121と第2の液体122の密度が等しいため、両液体121, 122には見かけ上重力が作用せず、従って界面122dはその表面積が最小となる形状、すなわちシリンドリカル面となって安定する。

【0037】図3および図4には、図1の光学素子101を、x軸およびy軸を含む平面(すなわち、界面122dとしてのシリンドリカル面の母線方向中央)で切った断面を示している。

【0038】この図からわかるように、第1の液体121と第2の液体122の界面122dは、前述したようにシリンドリカル面をなし、その断面は略円弧形状を有する。となる。

【0039】次に、エレクトロウェッティング効果(電気毛管現象)による界面形状の変化について説明する。図3はスイッチ127が開状態を示し、給電回路126から両電極125, 103への印加電圧が0の場合を示している。このとき、界面122dの中央断面の高さはh1、底面の幅は撓水膜111aの幅と同じW1になっている。

【0040】図4はスイッチ127が閉成され、給電回路126から両電極125, 103に所定電圧が印加された状態を示している。このとき、透明電極103には印加電圧に比例した所定量の電荷が蓄積され、第1の液体121の底面、すなわち透明電極103と対向する部分には上記電荷と同一量で逆符号の電荷が蓄積される。この結果、電気毛管現象により、界面122dの中央断面形状は、図示のように、高さがh2(>h1)、底面の幅がW2(<W1)に変化する。

【0041】図5には、光学素子101に印加される電圧に応じて2液間の界面122dが変形する様子を示している。同図(a)は印加電圧が0の場合であり、図2に示したように、界面122dは所定曲率のシリンドリカル面となっている。

【0042】図5(b)は、印加電圧が低い場合、例え

ば100Vの場合を示す。電気毛管現象による界面変型力は、界面122dが絶縁層104に接する部分で発生する。すなわち、界面122dの両側の辺122e, 122fが互いに接近するような力が働く。したがって、第2の液体122は、その底面の幅が減少し、高さが増加するように変形し、シリンドリカル状の界面122dは、円周方向の曲率半径が減少する。これにより、y軸方向（第2の方向）の光学パワー（ $1/f$  : fは焦点距離）が増加する。

【0043】一方、界面122b, 122cは撓水膜111b, 111cの吸着力で拘束されているため、電気毛管現象による変型作用に抵抗し、元の形状を保とうとする。この抵抗力は、撓水膜111b, 111cと第2の液体122間の濡れ性に依存するが、本実施形態では、濡れ性が比較的弱い撓水膜を用いているため、界面122b, 122cは元の形状から僅かに変形する。

【0044】なお、撓水膜111b, 111cとして第2の液体122に対する濡れ性が非常に大きい撓水材料を用いれば、界面122b, 122cは殆ど変形しない光学素を得ることも可能である。

【0045】つまり、撓水膜111b, 111cの性質を適宜選択することで、電圧印加時の界面122dにおけるz軸方向（第1の方向）およびy軸方向（第2の方向）の曲率変化比を所望の値にすることが可能である。

【0046】図5(c)は印加電圧が高い場合、例えば200Vの場合を示しており、図5(b)の場合に比べてシリンドリカル状の界面122dの変形が更に進展し、y軸方向の光学パワーがさらに増加する。

【0047】このように、本実施形態によれば、z軸方向と、光軸方向であるx軸方向およびz軸方向に直交するy軸方向とで、光学パワーに関わる界面（シリンドリカル面）122dの形状が異なる、光軸非対称の光学系（シリンドリカルレンズと等価な光学系）を簡単な構成で得ることができる。しかも、その光学パワー（特に、y軸方向の光学パワー）をメカニカルな駆動を行わずに変化させることができる。

【0048】(第2実施形態)図6から図8には、第1実施形態にて説明した光学素子101を撮影装置の照明装置に応用了した実施形態を示している。本実施形態では、光学像をCCD等の撮像素子で電気信号に光電変換し、これを静止画デジタルデータとして記録する、いわゆるデジタルスチルカメラを示している。

【0049】最近では、ズーム機能を有した撮影光学系と電子フラッシュ装置（照明装置）を組み込んだカメラが一般的になり、撮影光学系のズーム状態に応じてフラッシュ装置の配光角（照射範囲）を可変とするものも製品化されている。本実施形態では、光学素子101をフラッシュ装置の配光角調整手段として用いている。

【0050】図6には、上記撮影装置150の全体構成を示している。この図において、141は複数のレンズ

群からなる撮影レンズ（撮影光学系）であり、不図示の変倍レンズ群とこれを駆動する変倍アクチュエータ、焦点調節レンズ群とこれを駆動する焦点調節アクチュエータおよび絞り機構を有し、すなわち変倍機能、自動焦点調節機能および光量調節機能を有する。

【0051】142は撮像素子であり、CCD等の撮像センサと、このセンサが outputするアナログ画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、γ補正、エッジ強調等の画像処理を施す信号処理回路を含んでいる。

【0052】143は焦点検出装置であり、三角測量の原理を用いて被写体までの距離を検出する。なお、この焦点検出装置143として、位相差検出式の焦点検出動作を行うもの等を用いてもよい。

【0053】144は被写体を照明するためのフラッシュ装置であり、図7に示すように、放電発光管（キセノン管等）144aおよび反射傘144bからなる光源部と、この光源部の前に配置されたフレネルレンズ144cおよびこのフレネルレンズ144cの前側に配置された上記光学素子101を含む集光光学系と、不図示の発光制御回路を有して構成されている。そして、このフラッシュ装置からは、所定の配光特性を有した照明光が必要に応じて被写体側に投射される。

【0054】光学素子101はフラッシュ装置144の前面側に配置され、上述したようにその光学パワーを変えることで照明光の配光特性を調節する。すなわち、図5で説明したように、光学素子101は印加電圧に応じて光学パワーが変化するため、この光学素子101をフラッシュ装置144の前面側に配置し、印加電圧を制御することで、光源部から光学素子101を通過して被写体側に投射される照明光の配光分布を所望の特性に調節できる。

【0055】そして、撮影レンズ141のズーム状態（撮影画角）に応じてフラッシュ装置144の配光特性を最適化することで、後述するように、撮影画角に対して十分かつ無駄のない照明配光を得ることができ、照明効率の高いフラッシュ装置144を実現することができる。

【0056】なお、第1実施形態でも説明したように、40光学素子101の2つの電極103, 125には給電回路126から電圧が印加される。

【0057】145はCPU130の内部のメモリ領域に設けられたルックアップテーブルであり、給電回路126の出力電圧を決定するためのデータが記憶されている。すなわち、光学素子101への印加電圧に対する光学パワーの値をメモリに記憶しておき、フラッシュ撮影時に撮影レンズ141の撮影画角に適切な配光特性を得るために印加電圧を読み出し、この電圧を光学素子101に印加することで照明光の配光特性を最適化する。

【0058】151は液晶ディスプレイ等の表示器で、

撮像素子142を通じて取得した被写体画像や、カメラの撮影条件に関する諸データを表示する。

【0059】152はCPU130をスリープ状態からプログラム実行状態に起動するメインスイッチである。153はズームスイッチで、撮影者のズームスイッチ操作に応じて撮影レンズ141内の変倍アクチュエータを駆動し、変倍動作を実行する。

【0060】154は上記スイッチ以外の操作スイッチ群で、撮影準備スイッチ、撮影開始スイッチ、シャッタ一秒時や絞り値を設定する撮影条件設定スイッチ等で構成されている。

【0061】155は外部メモリであり、撮影された画像信号を記録する。具体的には、着脱可能なPCカード型のフラッシュメモリ等が好適である。

【0062】図7には、光学素子101の配光角調節作用を示している。FTは撮影レンズ141が望遠状態での撮影範囲を、FWは撮影レンズ141が広角状態での撮影範囲をそれぞれ示している。ここで、フラッシュ装置144が投射する照明光を有効利用するためには、その照射範囲は上記撮影範囲の全体をカバーし、かつできる限り狭いものが望ましい。

【0063】従って、本実施形態では、撮影レンズ141のズーム状態に応じて光学素子101の光学パワーを変化させ、照射角を最適化している。

【0064】LTは撮影レンズ141が望遠状態での照明範囲を、LWは撮影レンズ141が広角状態での照明範囲を示している。

【0065】ここで、光学素子101にシリンドリカルレンズを用いる理由は以下のとおりである。本実施形態のような光学素子では、光学パワーの変化幅を大きくしたい場合には、電圧印加時の界面122dの高さh2が高くなるため、光学素子全体の厚みも増す。一方、フラッシュ装置144の光源である放電発光管144aは点光源ではなく線状ないし管状光源であるため、左右方向の発光部寸法が大きい。従って、このような光源に対しては、左右方向の配光角を制御するのが困難なため、上下方向のみの配光角制御で構わない。

【0066】そこで、フラッシュ装置144の前側に配置される光学素子101にシリンドリカルレンズを用い、シリンドリカル面の母線方向(z軸方向)の光学パワーは殆ど変化させず、これと直交する方向(y軸方向)の光学パワーを大きく変えることで、電圧印加時の界面高さの上昇を抑え、光学素子の薄型化を図っている。

【0067】図8には、図6に示した撮影装置150が備えたCPU130の動作フローを示している。以下、図6および図8を用いて撮影装置150の制御について説明する。

【0068】まずステップS101において、メインスイッチ152がオン操作されたかどうかを判別し、オン

操作されていない時は、そのまま各種スイッチの操作を待つ待機モードに留まる。ステップS101においてメインスイッチ152がオン操作されたと判定すると、待機モードを解除し、次のステップS102以降へと進む。

【0069】ステップS102では、撮影者による撮影条件の設定を受け付ける。例えば、露出制御モードの設定(シャッター優先AE、プログラムAE等)や画質モード(記録画素数の大小、画像圧縮率の大小等)、ストロボモード(強制発光、発光禁止等)等の設定を受け付ける。

【0070】次に、ステップS103では、撮影者によってズームスイッチ153が操作されたか否かを判別する。オン操作されていない場合はステップS104に進む。ズームスイッチ153が操作された場合は、ステップS121に移行する。

【0071】ステップS121では、ズームスイッチ153の操作量(操作方向やオン時間等)を検出する。ステップS122では、その操作量に基づいて撮影レンズ20141の焦点距離制御の目標値を演算する。ステップS123では、撮影レンズ141の変倍アクチュエータを駆動し、撮影レンズの焦点距離をステップS122で演算した値に制御する。

【0072】ステップS124では、CPU130内のロックアップテーブル145より、上記焦点距離制御の目標値に対応する、光学素子101への印加電圧を読み出す。

【0073】そして、ステップS125では、読み出した印加電圧にて給電回路126の出力電圧を制御し、光学素子101への給電を開始する。これにより、光学素子101の光学パワーが印加電圧に応じた状態に制御される。その後、ステップS103に戻る。

【0074】こうして、ズームスイッチ153の操作が継続中は、その操作量に応じて撮影レンズ141の変倍制御と光学素子101の光学パワー制御が繰り返し実行され、ズームスイッチ153のオン操作が終了した時点でステップS104へと移行する。

【0075】ステップS104では、撮影者によって操作スイッチ群154のうち、撮影準備スイッチ(図7の40フローチャートではSW1と表記)のオン操作が行われたか否かを判別する。オン操作されていない場合はステップS103に戻り、撮影条件設定の受け付けや、ズームスイッチ153の操作の判別を繰り返す。ステップS104で撮影準備スイッチがオン操作されたと判定すると、ステップS111へと移行する。

【0076】ステップS111では、撮像素子142を駆動して、プレビュー画像を取得する。プレビュー画像とは、最終記録画像の撮影条件を適切に設定するため、および撮影者に撮影構図を把握させるために撮影前に取得する画像のことである。

【0077】ステップS112では、ステップS111で取得したプレビュー画像の受光レベルを認識する。具体的には、撮像素子142が出力する画像信号において、最高、最低及び平均の出力信号レベルを演算し、撮像素子142に入射する光量を認識する。また、光量認識結果に応じてフラッシュ装置を用いるか否かの判別も行なう。

【0078】ステップS113では、ステップS112で認識した受光量に基づいて、撮影レンズ141内に設けられた絞り機構を駆動し、その開口径を調整する。

【0079】ステップS114では、ステップS111で取得したプレビュー画像を表示器151に表示する。続いて、ステップS115では、焦点検出装置143を用いて被写体距離を検出する。

【0080】続いて、ステップS116では、撮影レンズ141内の焦点調節アクチュエータを駆動し、合焦動作を行なう。その後、ステップS117に進み、撮影スイッチ（フロー図7では、SW2と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はステップS111に戻り、プレビュー画像の取得からフォーカス駆動までのステップを繰り返し実行する。

【0081】以上のように、撮影準備動作を繰り返し実行している最中に、撮影者が撮影スイッチをオン操作すると、ステップS117からステップS131にジャンプする。

【0082】ステップS131では撮影を開始する。すなわち撮像素子142が有する撮像センサの電荷蓄積動作を開始する。ステップS132では、フラッシュ装置144の発光制御を行なう。

【0083】そして、ステップS133では、所定の露出時間が経過した後に、撮像素子142の電荷蓄積動作を停止する。ステップS134では、ステップS133で蓄積された電荷を電荷転送ラインを介して読み出し、読み出しされたアナログ信号を信号処理回路に入力させる。ステップS135では、信号処理回路において、入力したアナログ画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、γ補正、エッジ強調等の画像処理を行い、さらに必要に応じてCPU130内に記憶された画像圧縮プログラムでJPEG圧縮等を施す。

【0084】次に、ステップS136では、上記ステップS135で得られた画像信号をメモリ155に記録する。ステップS137では、まずステップS114で表示されたプレビュー画像を消去し、ステップS135で得られた画像信号を表示器151に改めて表示する。

【0085】続いて、ステップS138では、給電回路126からの給電出力を停止し、ステップS139にて一連の撮影動作が終了する。

【0086】このように、本実施形態では、撮影レンズ141のズーム状態に応じて光学素子101の界面122dの形状を変化させ、フラッシュ装置144からの照

明光の配光分布を最適化するため、各ズーム状態での露出不足を防止できることはもとより、照明光の無駄を防止して光利用効率の高い照明を行うことができる。

【0087】また、光学素子101は、前述したように光学パワーの変化率が大きいにもかかわらず薄型であるので、フラッシュ装置144の薄型化、ひいては撮影装置全体のコンパクト化に有効である。

【0088】さらに、第1実施形態でも説明したように、光学素子101の光学パワー制御にはメカニカルな駆動手段が不要なので、カメラのよりコンパクト化および低コスト化が可能である。

【0089】なお、本実施形態では、光学素子101を含むフラッシュ装置144をデジタルスチルカメラに用いた場合について説明したが、同様の照明装置は、ビデオカメラ用ライトやオートフォーカス用投光装置等、他の照明装置としても用いることができる。

【0090】（第3実施形態）図9から図12には、本発明の第3実施形態である光学素子の構成を示している。なお、ここでは、光学素子の光軸223が上下方向（x軸方向）に延びているものとして説明する。

【0091】図9は本実施形態の光学素子の筐体である容器の構成を示している。この図において、201は光学素子全体を示し、202は透明アクリル製の下カバーである。この下カバー202の上面には、4つの板状の側面部材205a～205dが接着固定されている。なお、後述する撥水処理膜の構造がわかるように、側面部材205b、205cは省略されている。

【0092】側面部材205aの手前側の面には、平面状の電極203aおよび絶縁層204aが形成されている。図11および図12に示す側面部材205bは、側面部材205aと対称形状である。そして、これら4つの側面部材205a～205dの上面には、透明アクリル製の上カバー206（図11および図12参照）が接着固定され、更にその上面には、中央部に矩形の開口を有した絞り板207（図11および図12参照）が配置される。

【0093】以上の構成において、下カバー202、側面部材205a～205dおよび上カバー206で囲まれた所定体積の密閉空間、すなわち液室を有した容器が形成される。そして、この液室の壁面には、以下に示す表面処理が施される。

【0094】まず、下カバー202の上面（第1の内面）の中央の矩形範囲内には、後述する第2の液体を吸着する吸着層が設けられる。具体的には、第1実施形態と同様に、フッ素化合物等等の撥水処理剤が塗布され、極薄の撥水膜211aが形成される。なお、フッ素化合物を用いる代わりに、下カバー202の上面に形成した絶縁層の上表面にプラズマを照射し、この絶縁層の表面特性を変えても同様の効果が得られる。

【0095】また、側面部材205a、205bの内壁

面（第3の内面）の下部にも同様の撓水処理剤が塗布され、矩形の撓水膜211d, 211e（図11および図12参照）が形成される。撓水膜211d, 211eは互いに同一形状である。

【0096】さらに、側面部材205c, 205dの内壁面（第2の内面）の下部にも同様の撓水処理剤が塗布され、上側の外縁が略円弧形状である撓水膜211b, 211cが形成される。これら撓水膜211b, 211cも同一形状である。そしてこれら5つの撓水領域以外の液室内面には、親水性の表面処理が施される。

【0097】また、側面部材205bの一部には孔が開けられ、ここに棒状電極225が挿入される。そして、棒状電極225と孔との隙間は接着剤で封止され、液室の密閉性が維持される。

【0098】電極203a, 203bと棒状電極225とには給電回路226が接続され、スイッチ227の操作で両電極間への印加電圧を変化させる（本実施形態では、スイッチ開で印加電圧が0になり、スイッチ閉で0より大きい所定の電圧範囲での電圧設定が可能となっている）ことができるようになっている。

【0099】以上のように構成された液室には、第1実施形態と同様の2種類の液体が充填収容される。まず、下カバー202上の撓水膜211aの上には、シリコーンオイルからなる第2の液体222（図11および図12参照）が所定量だけ滴下される。この第2の液体222は、撓水膜211a～211eに対する濡れ性（親和性）が高いため、これら撓水膜に沿う形状で液室内に収まる。

【0100】一方、液室内の残りの空間には、電解液からなる第1の液体221（図11および図12）が充填される。両液体は所定形状の界面を形成し、混ざり合はずにそれぞれが独立して液室内に収まっている。

【0101】第2の液体222の滴下量は、第1実施形態と同様に、撓水膜211b, 211cに挟まれた空間の体積と同一にする。これにより、第2の液体222は撓水膜211a～211eに沿う一方、第1の液体221は液室内の残りの空間を埋めるので、両液体221, 222間には、後述するようにシリンドリカル形状の界面が形成される。

【0102】図10には、第2の液体222の形状を詳しく示している。第2の液体222は5つの界面で囲まれる。界面222aは、下カバー202の上面に形成された撓水膜211aに接する面である。また、界面222b, 222cは、側面部材205d, 205cの表面に形成された撓水膜211b, 211cに接し、同様に界面222d, 222eは、側面部材205a, 205bの表面に形成された撓水膜211d, 211eに接する。

【0103】一方、界面222fは上記4つの界面205b～205eに交わり（すなわち、撓水膜211b,

211c, 211d, 211eに交わり）、かつ第1の液体221と接する面であり、その面形状は第2の液体222に作用する重力と界面222fに働く界面張力の釣り合いで決まる。本実施形態では、第1の液体221と第2の液体222の密度が等しいため、両液体221, 222には見かけ上重力が作用せず、界面222fはその表面積が最小となる形状、すなわちシリンドリカル面となって安定する。

【0104】図11には、図9に示した光学素子201を、x軸およびy軸を含む平面（すなわち、シリンドリカル面である界面222fの母線方向中央）で切った断面を示している。

【0105】この図から分かるように、第1の液体221および第2の液体222の界面222fは、前述したようにシリンドリカル面をなし、その断面は略円弧形状となつている。そして、平面状の電極203a, 203bを有する側面部材205a, 205bの内面側の傾斜角を適宜設定することで、界面222fの初期形状を自在に決定できる点が、第1実施形態のものと異なる。

【0106】次に、エレクトロウェッティング効果（電気毛管現象）による界面形状の変化について説明する。図11はスイッチ227が開状態を示し、給電回路226から棒状電極225と電極203a, 203b間への印加電圧が0の場合を示している。このとき、界面222fの中央断面の高さはt1になっている。

【0107】また、図12はスイッチ227が閉成され、給電回路226により所定電圧が棒状電極225と電極203a, 203bに印加された状態を示している。このとき、電極203a, 203bには印加電圧に比例した所定量の電荷が蓄積され、第1の液体221の側面、すなわち電極203a, 203bと対向する部分には上記電荷と同一量で逆符号の電荷が蓄積される。この結果、電気毛管現象により、界面222fの中央断面形状は図示のように高さがt2 (> t1) に変化する。

【0108】図13には、光学素子201に印加される電圧に応じて2液間の界面222fが変形する様子を示している。同図(a)は印加電圧が0の場合であり、図10で示したように界面222fは所定曲率のシリンドリカル面となっている。

【0109】また、図13(b)は印加電圧が低い場合、例えば100Vの場合を示している。電気毛管現象による界面変型力は、界面222d, 222eが絶縁層203a, 203bに接する部分で発生する。すなわち、界面222d, 222eの上側の辺が共に下カバー202に接近するような力が働く。したがって、第2の液体222は、その両側の側面の高さが減少し、中央の高さが増加するように変形し、シリンドリカル状の界面222dの円周方向の曲率半径が減少し、これにより、光学パワーは増加する。

【0110】一方、界面222b, 222cは撓水膜2

11b, 211cによる吸着力で拘束されているため、電気毛管現象による変形作用に抵抗し、元の形状を保とうとする。この抵抗力は、撓水膜211b, 211cと第2の液体222間の濡れ性に依存するが、本実施形態では、濡れ性が比較的弱い撓水膜を用いているため、界面222b, 222cは元の形状から僅かに変形する。

【0111】なお、撓水膜211b, 211cの第2の液体222に対する濡れ性が非常に大きい撓水材料を用いれば、界面222b, 222cが殆ど変形しない光学素子を得ることも可能である。

【0112】すなわち、撓水膜211b, 211cの性質を適切に選択することで、電圧印加時の界面222fにおけるz軸方向（第1の方向）およびy軸方向（第2の方向）の曲率変化比を所望の値にすることが可能である。

【0113】図13(c)は印加電圧が高い場合、例えば200Vの場合を示しており、シリンドリカル状の界面222fの変形が図13(b)の場合に比べて更に進展する。

【0114】本実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果を得られるとともに、界面222fの初期形状を所望の形状に設定でき、光学設計の自由度が増したり、光学素子の一層の薄型化を図ることができる。

【0115】また、本実施形態の光学素子201も、第1実施形態のものと同様に、第2実施形態に示したような撮影装置等の照明装置に用いることが可能である。

【0116】なお、上記第1および第2の実施形態では、容器の底面に相当する第1の内面を平面で構成した場合について説明したが、これをシリンドリカル面のような曲面で形成してもよい。

#### 【0117】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、一対の第2の内面の配置方向（光軸に直交する第1の方向）と、光軸およびこれら第2の内面の配置方向に直交する方向（光軸および第1の方向に直交する第2の方向）とで光学パワーに関する界面形状が異なる、光軸非対称の光学系を実現することができる。しかも、その光学パワーをメカニカルな駆動を行わずに変化させることができること可能な光学素子を得ることができる。

【0118】なお、上記発明において、上記第2の内面の吸着層における第1の内面とは反対側の外縁を略円弧状に形成し、上記界面を略シリンドリカル面とすることにより、光学パワーを可変としたシリンドリカルレンズと等価な光学系を得ることが可能である。

【0119】また、上記第2の電極を、容器の内面のうち第2の内面以外の面側に設けることにより、上記第1の方向に比べて第2の方向に大きく光学パワーを変化させることができる。

【0120】また、上記光学素子と、この光学素子を通して照射する照明光を発する光源と、第1および第2の

電極間への印加電圧を変化させる給電回路とを設けることにより、給電回路からの第1および第2の電極間への印加電圧の変化に応じて照明光の照射範囲が変化する（特に、第2の方向についての配光角が大きく変化する）照明装置を実現することができる。

【0121】さらに、この照明装置をズーミングが可能な撮影光学系を備えた撮影装置に設け、撮影光学系のズーミングに応じて給電回路からの第1および第2の電極間への印加電圧を変化させる制御手段を設けることにより、撮影光学系のズーミング（画角変化）に応じて照明光の照射範囲が最適に変化する、照明効率の高い撮影装置を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態である光学素子に用いられる容器の構成を示す斜視図。

【図2】上記第1実施形態の光学素子を構成する第2の液体の形状を示す斜視図。

【図3】上記第1実施形態の光学素子（電圧未印加状態）の断面図。

20 【図4】上記第1実施形態の光学素子（電圧印加状態）の断面図。

【図5】上記第1実施形態の光学素子における第2の液体の形状変化を示す斜視図。

【図6】本発明の第2実施形態である撮影装置およびフラッシュ装置の構成を示すブロック図。

【図7】上記第2実施形態の撮影装置の撮影画角とフラッシュ装置の配光分布との関係を示す概念図。

【図8】上記第2実施形態の撮影装置の動作を示すフローチャート。

30 【図9】本発明の第3実施形態である光学素子に用いられる容器の構成を示す斜視図。

【図10】上記第3実施形態の光学素子を構成する第2の液体の形状を示す斜視図。

【図11】上記第3実施形態の光学素子（電圧未印加状態）の断面図。

【図12】上記第3実施形態の光学素子（電圧印加状態）の断面図。

【図13】上記第3実施形態の光学素子における第2の液体の形状変化を示す斜視図。

#### 40 【符号の説明】

101, 201 … 光学素子

102 … 透明基板

103 … 透明電極

104 … 絶縁層

105a, 105b, 105c, 105d, 205a, 205b, 205c, 205d … 側面部材

111a, 111b, 111c, 211a, 211b, 211c, 211d, 211e … 撥水膜

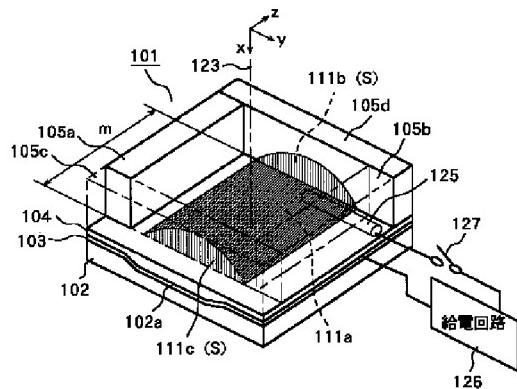
121, 221 … 第1の液体

50 122, 222 … 第2の液体

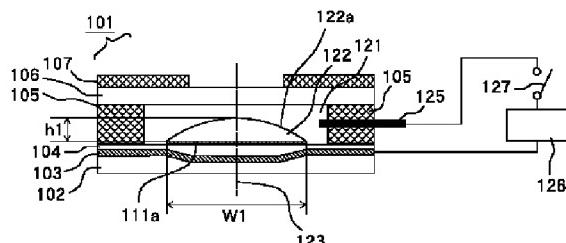
122d, 222f … (2液の) 界面  
 123, 223 … 光軸  
 125, 225 … 棒状電極  
 126, 226 … 給電手段  
 101, 201 … 光学素子  
 102 … 透明基板

202 … 下カバー  
 203a, 203b … 電極  
 150 … 摄影装置  
 141 … 摄影レンズ  
 144 … フラッシュ装置

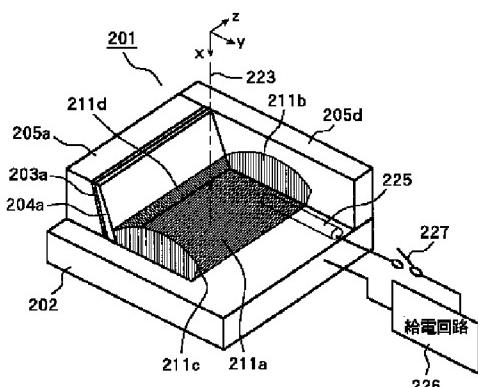
【図1】



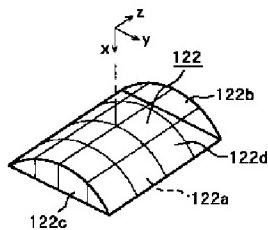
【図3】



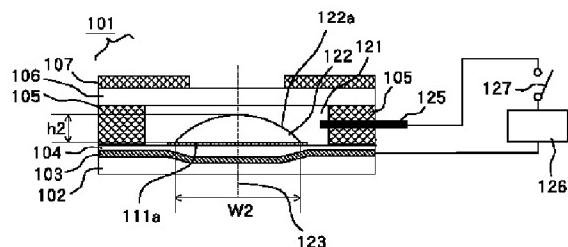
【図9】



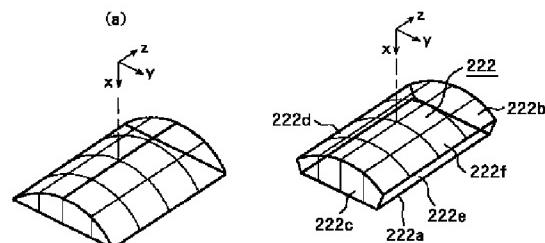
【図2】



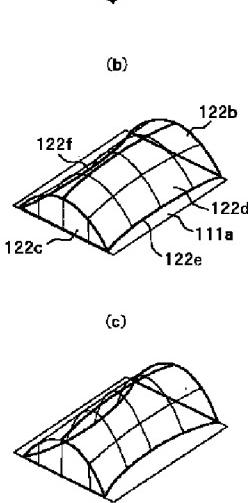
【図4】



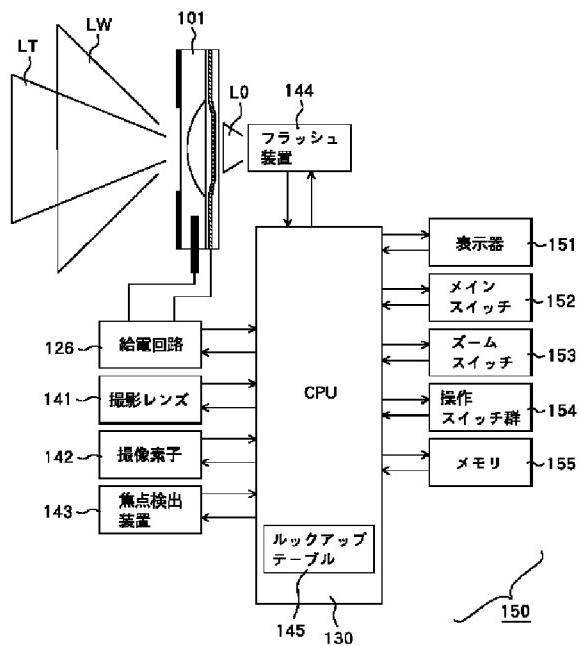
【図5】



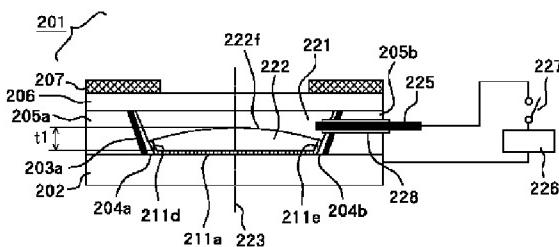
【図10】



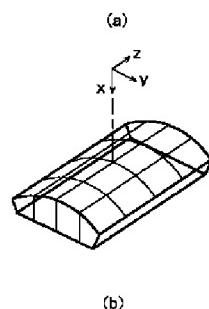
【図6】



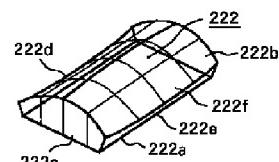
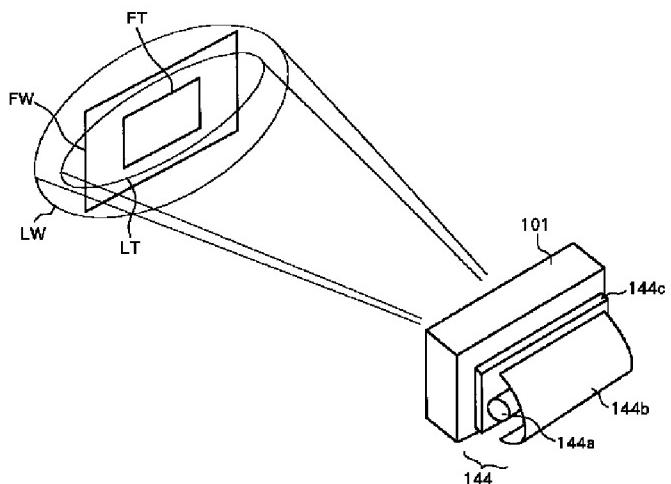
【図11】



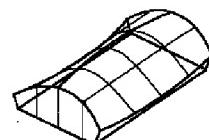
【図13】



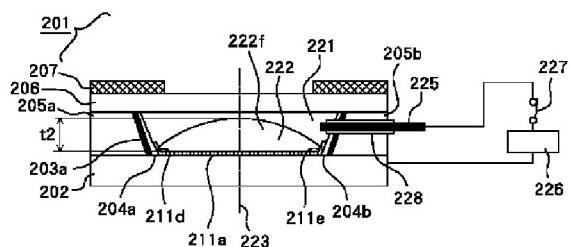
【図7】



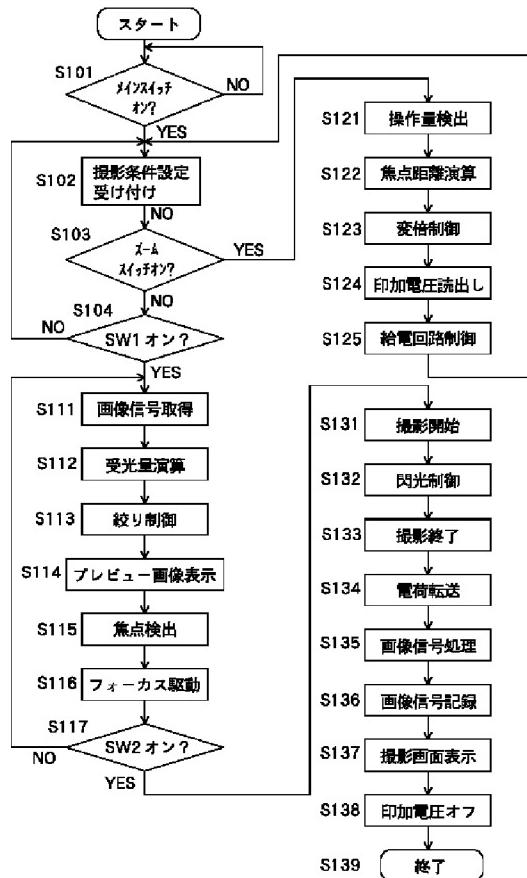
(c)



【図12】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 川浪 英利子  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
 ノン株式会社内

Fターム(参考) 2H044 DA02 DB00 DC01 DC10